

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 18 739.1

**Anmeldetag:** 25. April 2003

**Anmelder/Inhaber:** BAYER AKTIENGESELLSCHAFT,  
51368 Leverkusen/DE

**Bezeichnung:** Polycarbonat-Formteile

**IPC:** C 08 J, C 08 L, B 29 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. Februar 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Dzierzer

### **Polycarbonat-Formteile**

Die Erfindung betrifft durch Warmverformung umgeformte Polycarbonat-Formteile  
5 mit verbesserter Dickengleichmäßigkeit sowie ein Verfahren zu deren Herstellung.

Polycarbonat-Formteile, wie beispielsweise Polycarbonat-Wellplatten oder Polycarbonat-Thermoformteile, werden in der Regel aus linearem Polycarbonat auf  
speziellen Massivplattenanlagen mit nachgeschalteten Umformeinrichtungen gefertigt.  
10

Die Herstellung erfolgt im ersten Schritt in einer Breitschlitzdüse und im Walzenspalt eines Glättkalenders, wodurch eine Massivplatte hergestellt wird.

15 Dabei wird ein Polycarbonat-Granulat einem Extruder zugeführt und im Plastifizierungssystem des Extruders aufgeschmolzen. Die Kunststoffschmelze wird durch eine Breitschlitzdüse gedrückt, im Walzenspalt eines Glättkalenders in die gewünschte Form gebracht und durch wechselseitige Kühlung auf Glättwalzen und an der Umgebungsluft formfixiert. Die zur Extrusion verwendeten Polycarbonate mit hoher  
20 Schmelzviskosität werden üblicherweise bei Schmelzetemperaturen von 260 bis 320°C verarbeitet, entsprechend werden die Zylindertemperaturen des Plastifizierzylinders sowie die Düsentemperaturen eingestellt.

In einem zweiten Fertigungsschritt wird die so hergestellte Massivplatte inline oder  
25 offline wieder erhitzt und in einer Umformeinrichtungen zu Formteilen, wie beispielsweise Wellplatten oder Thermoformteilen, umgeformt. Im Falle von Wellplatten kann die Umformeinrichtung beispielsweise aus feststehenden Profilleisten oder beweglichen Profilrollen bestehen. Übliche Wellgeometrien für Wellplatten sind beispielsweise sinusartig („Roma“) oder trapezförmig („Greca“) gewellte Profile.

30

Im Falle von Thermoformteilen erfolgt die Verformung mit Hilfe eines geeigneten Werkzeugs, wobei die Umformung durch mechanische Kräfte und/oder Vakuum, Druckluft oder eine Kombination hieraus erfolgt.

5 In beiden genannten Fällen wird bei der Umformung die Platte häufig ungleichmäßig gestreckt, was zu unerwünschten Dickenunterschieden, so zum Beispiel Verdünnungen in den Seitenbereichen, oder sogar zu Einschnürungen, insbesondere beispielsweise in den Eckbereichen des Formteils, führt. Eine erhöhte Ausschussproduktion bzw. ein höherer Materialverbrauch sind die Folge.

10

WO 00/26287 A1 offenbart flammgeschützte Platten, die auch gewellt sein können, enthaltend ein verzweigtes PC, ein Phosphor-Flammschutzmittel und ein Entformungsmittel. Das verzweigte PC hat ein MVR (bei 300°C, 2.16 kg) von  $>11 \text{ cm}^3/10 \text{ min}$ . Die Dickengleichmäßigkeit umgeformter Platten wird jedoch nicht

15 erwähnt.

WO 01/66615 A1 offenbart Massivformkörper (Platten) aus einem verzweigtes Polycarbonat. Die Dickengleichmäßigkeit umgeformter Platten wird jedoch auch hier nicht erwähnt.

20

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe bestand also darin, durch Warmverformung umgeformte Polycarbonat-Formteile mit verbesserter Dickengleichmäßigkeit bereitzustellen, die einen geringeren Materialverbrauch zulassen.

25 Überraschend wurde festgestellt, dass diese Aufgabe durch Warmverformung umgeformte Polycarbonat-Formteile enthaltend ein verzweigtes Polycarbonat gelöst wird. Durch den Einsatz eines solchen, nachfolgend genauer beschriebenen verzweigten Polycarbonats kann eine gleichmäßigere Verstreckung während des Umformens und damit die erwünschte verbesserte Dickengleichmäßigkeit erreicht werden.

30

Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind somit durch Warmverformung umgeformte Polycarbonat-Formteile enthaltend ein verzweigtes Polycarbonat, dadurch gekennzeichnet, dass das verzweigtes Polycarbonat einen Schmelzvolumenindex (MVR bei 300°C und 1,2 kg Belastung gemäß ISO 1133) von 1,5 bis 10, bevorzugt von 2,0 bis 8, besonders bevorzugt von 2,5 bis 7 und einen Viskositätsparameter von 1,75 bis 3,0, bevorzugt von 1,78 bis 2,7, besonders bevorzugt von 1,8 bis 2,5 hat.

Der Viskositätsparameter ist dabei definiert als die Schmelzeviskosität in Pa\*s bei einer Scherrate von 100/s bei 300°C dividiert durch die Schmelzeviskosität in Pa\*s bei einer Scherrate von 1000/s bei 300°C, jeweils gemessen gemäß DIN54811-B.

Bei den erfindungsgemäßen durch Warmverformung umgeformten Polycarbonat-Formteilen handelt es sich beispielsweise um durch Thermoformen hergestellte Formteile, wie beispielsweise Lampenabdeckungen, Lichtkuppeln oder KFZ-Verscheibungen oder um durch Wellung hergestellte Polycarbonat-Wellplatten.

Bevorzugt handelt es sich bei den erfindungsgemäßen durch Warmverformung umgeformten Polycarbonat-Formteilen um Polycarbonat-Wellplatten.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist weiterhin ein Verfahren zu Herstellung von durch Warmverformung umgeformten Polycarbonat-Formteilen mit verbesserter Dickengleichmäßigkeit umfassend die Schritte

- I. Herstellung einer Massivplatte enthaltend ein verzweigtes Polycarbonat mit einem Schmelzvolumenindex (MVR bei 300°C und 1,2 kg Belastung gemäß ISO 1133) von 1,5 bis 10, bevorzugt von 2,0 bis 8, ganz besonders bevorzugt von 2,5 bis 7 und einen Viskositätsparameter von 1,75 bis 3,0, bevorzugt von 1,78 bis 2,7, besonders bevorzugt von 1,8 bis 2,5,
- II. Erwärmen dieser Massivplatte auf die Umformtemperatur oberhalb der Glasübergangstemperatur, jedoch unterhalb der üblichen Verarbeitungstemperatur für das Extrudieren des eingesetzten Polycarbonats und

III. Warmverformung der erwärmten Platte bei dieser Temperatur durch Einwirkung mechanischer Kräfte, Vakuum, Druckluft oder einer Kombination hieraus.

5 Zur Herstellung der Massivplatten (Schritt I) durch Extrusion wird das Polycarbonatgranulat in der Regel dem Fülltrichter eines Extruders zugeführt und gelangt über diesen in das Plastifiziersystem, bestehend aus Schnecke und Zylinder.

10 Im Plastifiziersystem erfolgt das Fördern und Aufschmelzen des Materials. Die Kunststoffschmelze wird durch eine Breitschlitzdüse gedrückt. Zwischen Plastifiziersystem und Breitschlitzdüse können eine Filtereinrichtung, eine Schmelzpumpe, stationäre Mischelemente und weitere Bauteile angeordnet sein. Die die Düse verlassende Schmelze gelangt auf einen Glättkalander. Im Walzenspalt des Glättkalanders erfolgt die endgültige Formgebung. Die Formfixierung erfolgt letztendlich durch Abkühlung und zwar wechselseitig auf den Glättwalzen und an der Umgebungsluft. Die weiteren Einrichtungen dienen dem Transport, dem Aufbringen von Schutzfolie, dem Ablängen und Ablegen der extrudierten Platten.

20 Im Fall einer Coextrusion wird in einem oder mehreren weiteren Extrudern das zu coextrudierende Material in gleicher Weise plastifiziert. Die Coexschmelze(n) wird (werden) in einem speziellen Coexadapter vor der Düse oder in einer speziellen Coexdüse mit dem Hauptmaterial zusammengeführt. Die Coexschicht kann sowohl einseitig wie auch auf beiden Seiten der Basisschicht aufgebracht werden. Eine nachträgliche Bearbeitung der Platten kann Oberflächenbehandlungen wie die Ausrüstung mit Kratzfestbeschichtungen, wasserspreitenden Schichten und anderen Funktionsschichten erfolgen.

30 Im zweiten Fertigungsschritt (Schritt II) wird die hergestellte Massivplatte inline oder offline wieder erhitzt. Die zu verformende Platte wird dazu, gegebenenfalls nach einer entsprechenden Vorbehandlung (Trocknung etc.), z.B. durch Infrarotstrahler oder eine Kontaktheizung bis zur Umformtemperatur erwärmt.

Der Umformtemperaturbereich für Wellung und Thermoformung liegt für das erfindungsgemäße Verfahren oberhalb der Glasübergangstemperatur, jedoch unterhalb der üblichen Verarbeitungstemperatur für das Extrudieren des eingesetzten Polycarbonats.

Vorzugsweise liegt der Umformtemperaturbereich zwischen 220°C und 140°C, besonders bevorzugt zwischen 200°C und 170°C

10 Im Schritt III erfolgt die Warmverformung mit Hilfe eines geeigneten Werkzeugs, wobei die Ausformung durch mechanische Kräfte, Vakuum, Druckluft oder eine Kombination hieraus erfolgt.

15 Die Warmverformung erfolgt beispielsweise und bevorzugt durch Wellung oder Thermoformen.

20 Bei dem Wellprozeß wird die auf Umformtemperatur erwärmte Massivplatte in einer Welleinrichtung zu einer Wellplatte umgeformt. Die Welleinrichtung kann aus feststehenden Profileisten, beweglichen Profilrollen - oder aus einer Kombination von beidem bestehen. Vorzugsweise werden bewegliche Rollen eingesetzt. Für eine Wellplatte sind verschiedene Geometrien (Größe, Form und Lage der Wellen) möglich. Der Wellprozeß erfolgt in der Regel kontinuierlich.

25 Im Falle einer Warmverformung durch Thermoformen erfolgt die Verformung mit Hilfe eines geeigneten Werkzeugs, wobei die Ausformung durch mechanische Kräfte und/oder Vakuum, Druckluft oder eine Kombination hieraus erfolgt und/oder zusätzlicher Stempel unterstützt werden kann. Die eingesetzten Werkzeuge können dabei je nach den Anforderungen an das Formteil als Positiv- oder Negativ-Form ausgebildet sein. Das Thermoformen erfolgt diskontinuierlich.

30

- Erfindungsgemäß geeignete verzweigte Polycarbonate können nach bekannten Verfahren hergestellt werden. Geeignete Verfahren zur Herstellung von Polycarbonaten sind beispielsweise die Herstellung aus Bisphenolen mit Phosgen nach dem Phasengrenzflächenverfahren oder aus Bisphenolen mit Phosgen nach dem Verfahren in homogener Phase, dem sogenannten Pyridinverfahren, oder aus Bisphenolen mit Kohlensäureestern nach dem Schmelzeumesterungsverfahren. Die Herstellungsverfahren sind beispielsweise beschrieben in H. Schnell, „Chemistry and Physis of Polycarbonates“, Polymer Reviews, Band 9, S. 31-76, Interscience Publishers, New York, London, Sidney, 1964. Die genannten Herstellungsverfahren sind auch beschrieben in „Polycarbonates“ in Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, Volume 11, Second Edition, 1988, Seiten 648 bis 718 und in „Polycarbonate“ in Becker, Braun, Kunststoff-Handbuch, Band 3/1, Polycarbonate, Polyacetale, Polyester, Celluloseester, Carl Hanser Verlag München, Wien 1992, Seiten 117 bis 299.
- 15 Das Schmelzeumesterungsverfahren ist insbesondere beschrieben in H. Schnell, „Chemistry and Physis of Polycarbonates“, Polymer Reviews, Band 9, S. 44 bis 51, Interscience Publishers, New York, Sydney, 1964 sowie in DE 1 031 512 A, US 3 022 272, US 5 340 905 und US 5 399 659.
- 20 Die erfindungsgemäß eingesetzten verzweigten Polycarbonate sind sowohl Homopolycarbonate als auch Copolycarbonate oder deren Gemische. Die Polycarbonate können teilweise oder vollständig durch aromatische Polyester carbonate ersetzt sein.
- 25 Die erfindungsgemäß geeigneten Polycarbonate sind in bekannter Weise verzweigt, und zwar vorzugsweise durch den Einbau von trifunktionellen oder mehr als trifunktionellen Verzweigern. Geeignete Verzweiger sind beispielsweise solche mit drei oder mehr als drei phenolischen Gruppen oder solche mit drei oder mehr als drei Carbonsäuregruppen.
- 30 Geeignete Verzweiger sind beispielsweise Phloroglucin, 4,6-Dimethyl-2,4,6-tri(4-hydroxyphenyl)-hepten-2, 4,6-Dimethyl-2,4,6-tri(4-hydroxyphenyl)-heptan, 1,3,5-

Tri-(4-hydroxyphenyl)-benzol, 1,1,1-Tris-(4-hydroxyphenyl)-ethan, Tri-(4-hydroxyphenyl)-phenylmethan, 2,2-Bis-[4,4-bis-(4-hydroxyphenyl)-cyclohexyl]-propan, 2,4-Bis-(4-hydroxyphenyl-isopropyl)-phenol, 2,6-Bis-(2-hydroxy-5'-methyl-benzyl)-4-methylphenol, 2-(4-Hydroxyphenyl)-2-(2,4-dihydroxyphenyl)-propan, Hexa-(4-(4-hydroxyphenyl-isopropyl)-phenyl)-terephthalsäureester, Tetra-(4-hydroxyphenyl)-methan, Tetra-(4-(4-hydroxyphenyl-isopropyl)-phenoxy)-methan und 1,4-Bis-(4',4''-dihydroxytriphenyl)-methylbenzol sowie 2,4-Dihydroxybenzoesäure, Trimesinsäure, Cyanurchlorid, 3,3-Bis-(3-methyl-4-hydroxyphenyl)-2-oxo-2,3-dihydroindol, Trimesinsäuretrichlorid und  $\alpha,\alpha',\alpha''$ -Tris-(4-hydroxyphenol)-1,3,5-triisopropylbenzol.

10

Bevorzugte Verzweiger sind 1,1,1-Tris-(4-hydroxyphenyl)-ethan und 3,3-Bis-(3-methyl-4-hydroxyphenyl)-2-oxo-2,3-dihydroindol.

15

Die Menge der gegebenenfalls einzusetzenden Verzweiger beträgt bevorzugt 0,05 bis 0,6 mol-%, vorzugsweise 0,1 bis 0,5 mol-%, bezogen auf Mol eingesetztes Bisphenol.

20

Die mittlere Molmasse der erfindungsgemäß zu verwendenden Polycarbonate kann zum Beispiel in bekannter Weise durch eine entsprechende Menge an Kettenabbrechern eingestellt werden. Die Kettenabbrecher können einzeln oder als Mischung verschiedener Kettenabbrecher eingesetzt werden.

25

Geeignete Kettenabbrecher sind sowohl Monophenole als auch Monocarbonsäuren. Geeignete Monophenole sind z. B. Phenol, p-Chlorphenol, p-tert.-Butylphenol, Cumylphenol oder 2,4,6-Tribromphenol sowie langkettige Alkylphenole wie 4-(1,1,3,3-Tetramethylbutyl)-phenol oder Monoalkylphenole oder Dialkylphenole mit insgesamt 8 bis 20 C-Atomen in den Alkylsubstituenten wie 3,5-di-tert.-Butylphenol, p-tert.-Octylphenol, p-Dodecylphenol, 2-(3,5-Dimethyl-heptyl)-phenol oder 4-(3,5-Dimethyl-heptyl)-phenol. Geeignete Monocarbonsäuren sind Benzoesäure, Alkylbenzoesäuren und Halogenbenzoesäuren.

30



Die Menge an Kettenabbrecher zur Erzielung des gewünschten Molekulargewichtsbereichs liegt beim Phasengrenzflächenverfahren üblicherweise bei 2 bis 4 mol-% Kettenabbrecher, bezogen auf Mol Bisphenol-A. Die Bemessung der Kettenabbrechermenge erfolgt bei der Herstellung nach dem Umesterungsverfahren dadurch, dass man den Kohlensäurediester, beispielsweise Diphenylcarbonat, im Verhältnis zum Bisphenol-A in Abhängigkeit von den verwendeten Destillationskolonnen im Überschuss einsetzt, beispielsweise 102 bis 108 mol Diphenylcarbonat pro 100 mol Bisphenol-A.

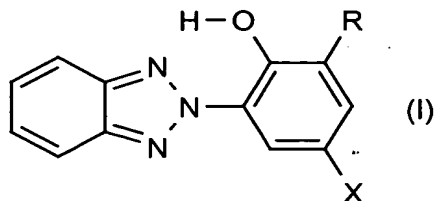
10 In einer bevorzugten Ausführungsform ist das eingesetzte Polycarbonat ein Polycarbonat auf Basis von Bisphenol A, Bisphenol-TMC, 4,4'-Dioxydiphenyl und deren Mischungen, besonders bevorzugt Bisphenol-A und 0,05 bis 0,6 mol-%, bevorzugt 0,1 bis 0,5 mol-%, ganz besonders bevorzugt 0,2 bis 0,4 mol-% eines Verzweigers.

15 Dem eingesetzten Polycarbonat können weitere übliche Additive zugemischt und/oder auf die Oberfläche aufgebracht werden. Üblich Additive sind beispielsweise UV-Stabilisatoren, Entformungsmittel, Füllstoffe, Verstärkungsstoffe, Stabilisatoren wie Thermostabilisatoren,  $\gamma$ -Strahlenstabilisatoren, Antistatika, Fließhilfsmittel, Brandschutzmittel, Farbstoffe und Pigmente. Die genannten und weitere Additive sind beschrieben in Gächter, Müller, Kunststoff-Additive, 3. Ausgabe, Hanser-Verlag, München, Wien, 1989.

25 Beispiele für Antistatika sind kationaktive Verbindungen, beispielsweise quartäre Ammonium-, Phosphonium- oder Sulfoniumsalze, anionaktive Verbindungen, beispielsweise Alkylsulfonate, Alkylsulfate, Alkylphosphate, Carboxylate in Form von Alkali- oder Erdalkalimetallsalzen, nichtionogene Verbindungen, beispielsweise Polyethylenglykolester, Polyethylenglykoether, Fettsäureester, ethoxylierte Fettamine. Bevorzugte Antistatika sind nichtionogene Verbindungen.

30 Beispiele für geeignete UV-Absorber sind:

## a) Benzotriazol-Derivate der Formel (I)

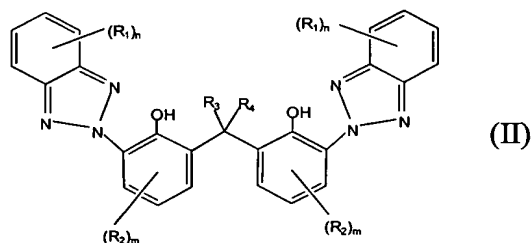


wobei in Formel (I)

5

R und X gleich oder verschieden H oder Alkyl oder Alkylaryl sind.

## b) Dimere Benzotriazol-Derivate der Formel (II) oder Formel (III)



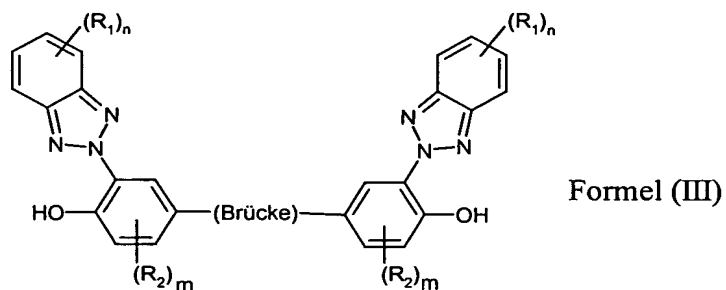
10

worin in Formel (II)

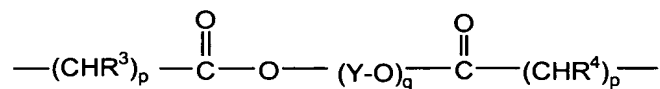
$R^1$  und  $R^2$  gleich oder verschieden sind und H, Halogen,  $C_1$ - $C_{10}$ -Alkyl,  $C_5$ - $C_{10}$ -Cycloalkyl,  $C_7$ - $C_{13}$ -Aralkyl,  $C_6$ - $C_{14}$ -Aryl,  $-OR^5$  oder  $-(CO)-O-R^5$  bedeuten mit  $R^5 = H$  oder  $C_1$ - $C_4$ -Alkyl,  $R^3$  und  $R^4$  ebenfalls gleich oder verschieden sind und H,  $C_1$ - $C_4$ -Alkyl,  $C_5$ - $C_6$ -Cycloalkyl, Benzyl oder  $C_6$ - $C_{14}$ -Aryl bedeuten, m 1, 2 oder 3 ist und n 1, 2, 3 oder 4 ist,

15

20



worin in Formel (III) die Brücke



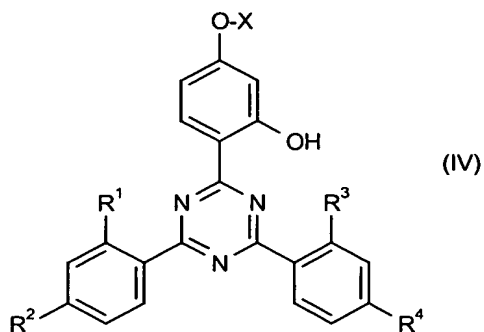
bedeutet,

R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, m und n die für Formel (II) genannte Bedeutung haben, worin außerdem p eine ganze Zahl von 0 bis 3 ist, q eine ganze Zahl von 1 bis 10 ist,

Y -CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-, -(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>-, -(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>-, -(CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>-, -(CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>-, oder

CH(CH<sub>3</sub>)-CH<sub>2</sub>- ist und R<sup>3</sup> und R<sup>4</sup> die für Formel (II) genannte Bedeutung haben;

c) Triazin-Derivate der Formel (IV)

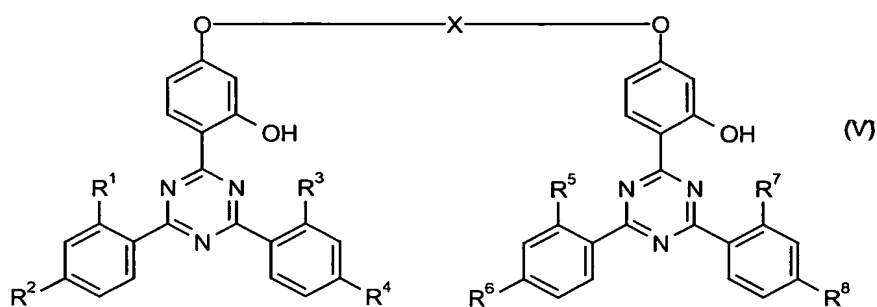


wobei in Formel (IV)

$R^1, R^2, R^3, R^4$  gleich oder verschieden H oder Alkyl oder CN oder Halogen und  $X = \text{Alkyl}$  sind.

5 d) Triazin-Derivate wie in EP 1 033 243 A1 offenbart

e) Dimere Triazin-Derivate der Formel (V)



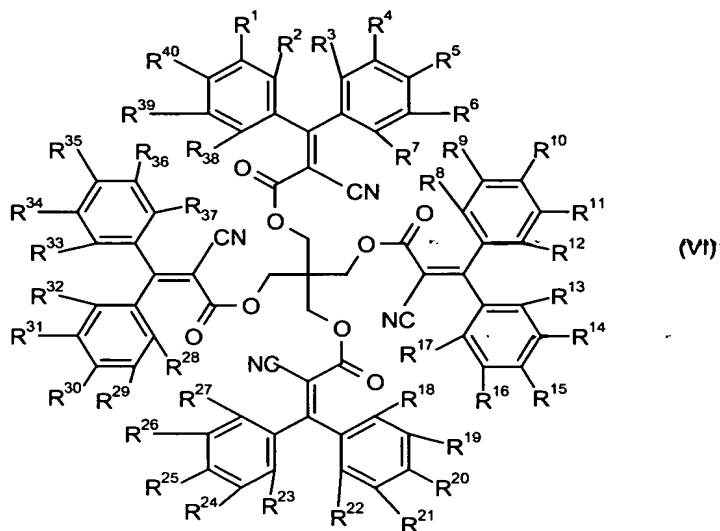
10

wobei in Formel (V)

$R^1, R^2, R^3, R^4, R^5, R^6, R^7, R^8$  gleich oder verschieden H oder Alkyl oder CN oder Halogen und  $X = \text{Alkyl}$  oder  $-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-O})_n\text{-C(=O)-}$  sind.

15

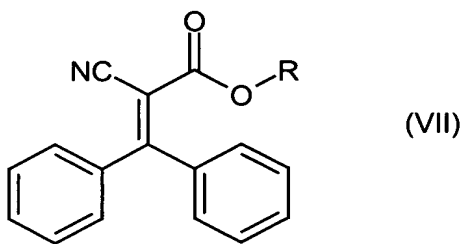
f) Diarylcynoacrylate der Formel (VI)



wobei in Formel (VI)

5  $R^1$  bis  $R^{40}$  gleich oder verschieden H, Alkyl, CN oder Halogen sind.

g) Diarylcynoacrylate der Formel (VII)



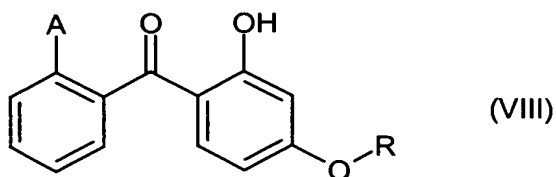
10

worin in Formel (VII)

R gleich  $C_2$ -Alkyl bis  $C_{10}$ -Alkyl oder Aryl ist.

15 Bevorzugt dabei sind Uvinul® 3035 ( $R=C_2H_5$ ) und Uvinul® 3039 ( $R=CH_2CH(C_2H_5)C_4H_9$ ).

h) Hydroxybenzophenon-Derivate der Formel (VIII)



worin in Formel (VIII)

5

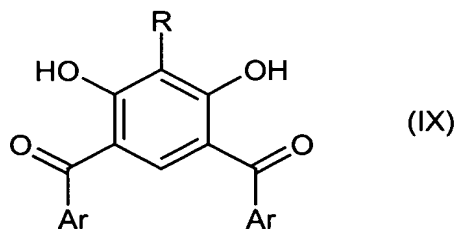
A gleich H oder OH ist

und

10

R gleich H, Alkyl, Acyl,  $-(CH_2)_n-O-(CH_2)_n-CH_3$ ,  
 $-(CH_2)_n-O-C(=O)-(CH_2)_n-CH_3$  ist, mit  $n=1-20$

i) Resorcin-Derivate der Formel (IX)



15

worin in Formel (IX)

Ar gleich Phenyl, Naphthyl, Alkylphenyl, Alkoxyphenyl

20

und

R gleich H, Alkyl, Isoalkyl, Cycloalkyl, Acyl,  $-(CH_2)_n-O-(CH_2)_n-CH_3$ ,  
 $-(CH_2)_n-O-C(=O)-(CH_2)_n-CH_3$ ,  $-C(=O)-(CH_2)_n-CH_3$ ,  $-C(=O)-Ar$ , ist,  
 mit  $n=1-20$

25

- j) weitere Resorcin Derivate wie in EP 846 673 A1 oder in EP 854 127 A1 offenbart.

5 Ein oder mehr UV-Absorber können in allen Schichten der erfindungsgemäßen Formkörper enthalten sein.

10 Geeignete Stabilisatoren sind beispielsweise Phosphine, Phosphite oder Si enthaltende Stabilisatoren und weitere in der EP 0 500 496 A1 beschriebene Verbindungen. Beispielhaft seien Triphenylphosphin, Diphenylalkylphosphite, Phenyldialkylphosphite, Tris-(nonylphenyl)phosphit, Tetrakis-(2,4-di-tert.-butylphenyl)-4,4'-biphenylen-diphosponit und Triarylphosphit genannt. Besonders bevorzugt sind Triphenylphosphin, 2,4,6 Tri-*t*-butylphenyl-2-butyl-2-ethyl-1,3-propanediolphosphit und Tris-(2,4-di-tert.-butylphenyl)phosphit.

15 Ferner können die erfindungsgemäßen Formkörper Entformungsmittel in einer die Konzentration von 0.01 bis 1 Gew.-%, bevorzugt 0.05 bis 0.6 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht des Formkörpers, betragen.

20 Geeignete Entformungsmittel sind beispielsweise (Teil)Ester von ein- bis sechswertigen Alkoholen, insbesondere des Glycerins, des Pentaerythrits oder der Guerbetalkohole.

25 Einwertige Alkohole sind beispielsweise Stearylalkohol, Palmitylalkohol und Guerbetalkohole. Ein zweiwertiger Alkohol ist beispielsweise Glycol. Ein dreiwertiger Alkohol ist beispielsweise Glycerin. Vierwertige Alkohole sind beispielsweise Pentaerythrit und Mesoerythrit. Fünfwertige Alkohole sind beispielsweise Arabit, Ribit und Xylit. Sechswertige Alkohole sind beispielsweise Mannit, Glucit (Sorbit) und Dulcit.

30 Die Ester sind die Monoester, Diester, Triester, Tetraester, ggf. Pentaester und Hexaester oder deren Mischungen, insbesondere statistische Mischungen, aus ge-

sättigten, aliphatischen  $C_{10}$  bis  $C_{36}$ -Monocarbonsäuren und gegebenenfalls Hydroxy-Monocarbonsäuren, vorzugsweise mit gesättigten, aliphatischen  $C_{14}$  bis  $C_{32}$ -Monocarbonsäuren und gegebenenfalls Hydroxy-Monocarbonsäuren.

5 Die kommerziell erhältlichen Fettsäureester, insbesondere des Pentaerythrits und des Glycerins, können dabei herstellungsbedingt <60 % unterschiedlicher Teilester enthalten.

10 Gesättigte, aliphatische Monocarbonsäuren mit 10 bis 36 C-Atomen sind beispielsweise Caprinsäure, Laurinsäure, Myristinsäure, Palmitinsäure, Stearinsäure, Hydroxystearinsäure, Arachinsäure, Behensäure, Lignocerinsäure, Cerotinsäure und Montansäuren.

15 Bevorzugte gesättigte, aliphatische Monocarbonsäuren mit 14 bis 22 C-Atomen sind beispielsweise Myristinsäure, Palmitinsäure, Stearinsäure, Hydroxystearinsäure, Arachinsäure und Behensäure.

20 Besonders bevorzugt sind gesättigte, aliphatische Monocarbonsäuren wie Palmitinsäure, Stearinsäure und Hydroxystearinsäure.

25 Die gesättigten, aliphatischen  $C_{10}$  bis  $C_{36}$ -Carbonsäuren und die erfindungsgemäß einzusetzenden Fettsäureester sind als solche entweder literaturbekannt oder nach literaturbekannten Verfahren herstellbar. Beispiele für Pentaerythritfettsäureester sind die der besonders bevorzugten, vorstehend genannten Monocarbonsäuren.

30 Besonders bevorzugt sind Ester des Pentaerythrits und des Glycerins mit Stearinsäure und Palmitinsäure.

Besonders bevorzugt sind auch Ester von Guerbetalkoholen und des Glycerins mit Stearinsäure und Palmitinsäure und gegebenenfalls Hydroxystearinsäure.



Diese Ester können sowohl in der Basis als auch gegebenenfalls vorhandenen Coextrusionsschichten vorhanden sein. In jeder Schicht können dabei unterschiedliche Additive bzw. Konzentrationen vorhanden sein. Sie lassen sich problemlos mit Polycarbonaten verarbeiten und zeigen in den als Produkt erhaltenen Formkörpern  
5 keine Beeinträchtigungen.

Die Erfindung wird durch das folgende Beispiel weiter verdeutlicht, ohne sie jedoch einzuschränken.

**Beispiel**

Es wurden Polycarbonat-Platten mit einer Ausgangsdicke von 980  $\mu\text{m}$ , in einer  
5 Breite und Länge von ca. 430 mm, aus folgenden Materialien herangezogen:

10 Vergleichsbeispiel: Makrolon® 3103, lineares Bisphenol-A Polycarbonat der  
Firma Bayer AG (Leverkusen, Deutschland) mit einem MVR  
von ca. 6  $\text{cm}^3/10 \text{ min}$  und einem Viskositätsparameter von  
1,71.

Beispiel 1: Makrolon® 1243, verzweigtes Bisphenol-A Polycarbonat der  
Firma Bayer AG (Leverkusen, Deutschland) mit einem MVR  
von ca. 6  $\text{cm}^3/10 \text{ min}$  und einem Viskositätsparameter von  
1,88.

15 Beispiel 2: Makrolon® 1143, verzweigtes Bisphenol-A Polycarbonat der  
Firma Bayer AG (Leverkusen, Deutschland) mit einem MVR  
von ca. 3  $\text{cm}^3/10 \text{ min}$  und einem Viskositätsparameter von  
2,27.

20 Die Bestimmung des MVR erfolgte bei 300°C und 1,2 kg Belastung gemäß  
ISO 1133. Der Viskositätsparameter wurde bestimmt durch die Schmelzeviskosität in  
Pa\*s bei einer Scherrate von 100/s bei 300°C dividiert durch die Schmelzeviskosität  
in Pa\*s bei einer Scherrate von 1000/s bei 300°C, jeweils gemessen gemäß  
DIN 54811-B.

25

An diesen Platten wurden Umformversuche an einer Thermoformanlage der Fa. Illig,  
Typ UA 100, ausgestattet mit Ober- und Unterheizung, Pyrometer, und Werkzeug-  
temperierung, im „Positiv-“ Umformverfahren durchgeführt. Es erfolgte kein  
„Vorblasen“ mit Druckluft, es wurde kein Vakuum nach Umformung angelegt und  
30 ohne Kühlluft abgekühlt. Die Verformung erfolgte durch mechanische Verstreckung  
durch Verfahren des Werkzeugs gegen die vorgewärmte Platte zur Simulation

sowohl des Wellvorgangs bei der Wellplattenherstellung als auch des Verstreckens beim Thermoformen, welches den Prozeßschritt darstellt, in dem es vorwiegend zu Dickenunterschieden kommt.

- 5 Bei dem eingesetzten Thermoformwerkzeug handelte es sich um einen Rechteckstempel aus Aluminium mit den folgenden Abmessungen:

- Stempelfläche 195 mm x 130 mm
- Werkzeughöhe 100 mm

- 10 Die Umformung erfolgte bei einer Werkzeugtemperatur von 90°C, Temperatur der Oberheizung von 450°C, Temperatur der Unterheizung von 390°C und einer Oberflächentemperatur der Platte (gemessen mittels Pyrometer) von 190°C.

- 15 Nach Abkühlung wurde das umgeformte Formteil von Hand entformt und die Restwanddicke an der neu entstandenen Formteilkante und in der Mitte des neu entstandenen Seitenbereichs an einer Reihe von Messpunkten ermittelt.

- 20 Das umgeformte Formteil ist in Figur 1 dargestellt, In Figur 1 bedeuten die Punkte A und C die oberen Eckpunkte des umgeformten Formteils, Punkt B ist der Mittelpunkt der Geraden zwischen den Punkten A und C. Entsprechend bezeichnen die Punkte D und F die unteren Eckpunkte des umgeformten Formteils und Punkt E den Mittelpunkt der Geraden zwischen den Punkten D und F

**Lage der Messpunkte:**

- 25 Die Messpunkte 1 – 4 liegen entlang der Kante zwischen den Punkten A und D. Dabei beträgt der Abstand der Meßpunkte vom Punkt A für Messpunkt 1 10 mm, für Messpunkt 2 30 mm, für Messpunkt 3 55 mm und für Messpunkt 4 85 mm. Die Messpunkte 5 – 8 liegen entlang der Kante zwischen den Punkten B und E. Dabei beträgt der Abstand der Meßpunkte vom Punkt B für Messpunkt 5 10 mm, für Messpunkt 6 30 mm, für Messpunkt 7 55 mm und für Messpunkt 8 85 mm.
- 30

**Ergebnisse:**

- 5 Die Restwanddicken der durch Warmverformung aus massiven Platten erhaltenen Formteile sind in Tabellen 1 und 2 dargestellt.

**Tabelle 1:** Restwanddicke in Formteilecke

Messpunkt	Vergleichsbeispiel	Beispiel 1	Beispiel 2
1	0 (Lochbildung)	340 $\mu\text{m}$	400 $\mu\text{m}$
2	0 (Lochbildung)	260 $\mu\text{m}$	310 $\mu\text{m}$
3	450 $\mu\text{m}$	610 $\mu\text{m}$	580 $\mu\text{m}$
4	800 $\mu\text{m}$	855 $\mu\text{m}$	850 $\mu\text{m}$

- 10 **Tabelle 2:** Restwanddicke Mitte Seitenbereich

Messpunkt	Vergleichsbeispiel	Beispiel 1	Beispiel 2
5	420 $\mu\text{m}$	500 $\mu\text{m}$	475 $\mu\text{m}$
6	355 $\mu\text{m}$	370 $\mu\text{m}$	375 $\mu\text{m}$
7	540 $\mu\text{m}$	550 $\mu\text{m}$	550 $\mu\text{m}$
8	805 $\mu\text{m}$	805 $\mu\text{m}$	805 $\mu\text{m}$

- 15 Aus den Ergebnissen geht hervor, dass sich bei gleichen Umformbedingungen die erfindungsgemäßen Formteile weniger stark ausdünnen, obwohl der MVR der in Beispiel 1 und dem Vergleichsbeispiel eingesetzten Materialien gleich ist. Dieser überraschende Effekt ermöglicht eine vorteilhafte Fertigung von Formteilen durch Warmverformung.

**Patentansprüche**

1. Durch Warmverformung umgeformtes Polycarbonat-Formteil enthaltend ein verzweigtes Polycarbonat, dadurch gekennzeichnet, dass das verzweigte Polycarbonat einen Schmelzvolumenindex (MVR bei 300°C und 1,2 kg Belastung gemäß ISO 1133) von 1,5 bis 10 und einen Viskositätsparameter von 1,75 bis 3,0 hat.
2. Formteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das verzweigte Polycarbonat einen Schmelzvolumenindex (MVR) von 2,0 bis 8 cm<sup>3</sup>/10 min. (300°C; 1,2 kg, ISO 1133) hat.
3. Formteil nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Polycarbonatverzweiger in einer Menge von 0,05 bis 0,6 mol-%, bezogen auf 100 mol-% eingesetztes Bisphenol, enthalten ist.
4. Formteil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das verzweigte Polycarbonat ein Polycarbonat auf Basis von Bisphenol A, Bisphenol-TMC, 4,4'-Dioxydiphenyl oder deren Mischungen ist.
5. Formteil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Formteil eine Polycarbonat-Wellplatte ist.
6. Formteil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Formteil ein Polycarbonat-Thermoformteil ist.
7. Verfahren zu Herstellung von durch Warmverformung umgeformten Polycarbonat-Formteilen mit verbesserter Dickengleichmäßigkeit umfassend die Schritte

- 5
- I. Herstellung einer Massivplatte enthaltend ein verzweigtes Polycarbonat mit einem Schmelzvolumenindex (MVR bei 300°C und 1,2 kg Belastung gemäß ISO 1133) von 1,5 bis 10 und einen Viskositätsparameter von 1,75 bis 3,0,
- II. Erwärmen dieser Massivplatte auf die Umformtemperatur oberhalb der Glasübergangstemperatur, jedoch unterhalb der üblichen Verarbeitungstemperatur für das Extrudieren des eingesetzten Polycarbonats und
- 10 III. Umformen der erwärmten Platte bei dieser Temperatur durch Einwirkung mechanischer Kräfte, Vakuum, Druckluft oder einer Kombination hieraus.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmung der Massivplatte inline oder offline erfolgt.
- 15
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Umformung der Massivplatte bei einer Temperatur zwischen 220°C und 140°C erfolgt.
- 20
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die auf Umformtemperatur erwärmte Massivplatte in einer Welleinrichtung zu einer Wellplatte umgeformt wird.
- 25
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die auf Umformtemperatur erwärmte Massivplatte durch Thermoformung zu einem Formteil umgeformt wird.

**Polycarbonat-Formteile**

**Z u s a m m e n f a s s u n g**

Die Erfindung betrifft durch Warmverformung umgeformte Polycarbonat-Formteile mit verbesserter Dickengleichmäßigkeit sowie ein Verfahren zu deren Herstellung.

Figur 1

